

## **A $Rb^{86}$ izotóp alkalmazása talajok kálium forgalmának vizsgálatában**

### **I. $Rb^{86}$ izotóppal jelzett kálisó migrációja és átalakulása karbonátos homoktalajban**

KOZÁK MÁTYÁS

*MTA Talajtani és Agrokémiai Kutató Intézete, Budapest*

A műtrágya-talaj kölcsönhatás tanulmányozása sok esetben olyan problémák megoldását veti fel, amelyeknél szükséges és gyakran nélkülözhetetlen az izotóp nyomjelzés alkalmazása. A talaj tápanyag dinamikájának vizsgálatában, amikor különbséget kell tennünk a talajba bevitt és a talajban levő tápanyagok változásai között, vagy igen kis mennyiségű anyagok mozgását, átalakulását kell megbízhatóan kimutatni, eredményre legtöbbször csak izotópok alkalmazásával juthatunk. A talaj kálium forgalmának kutatása nélkülözi a megfelelő izotópot, a  $K^{42}$  izotóppal ugyanis rövid felezési ideje miatt (12,4 óra) csak néhány napig tartó kísérleteket lehet elvégezni. Ebből kiindulva, a káliummal rokon elem izotópját keresték és próbálták mint „kálium-izotópot” felhasználni. A rubídium kémiai és fiziko-kémiai tulajdonságait tekintve legközelebb áll a káliumhoz és rendelkezik olyan izotóppal, a  $Rb^{86}$ -tal, mely 19,5 napos felezési idejével, erős béta- és gammasugárzásával (1,82 Mev béta, 1,08 Mev gamma) megfelelő sajátságokkal rendelkezik [12]. Így kézenfekvőnek látszott a  $Rb^{86}$  alkalmazásának lehetőségeit tanulmányozni talaj-növény rendszerben.

A  $Rb^{86}$  izotóp mint kálium nyomjelző felhasználásának kutatása két fontosabb irányba haladt; tanulmányozták alkalmazhatóságát a növények kálium táplálkozásában, valamint a kálium mozgásának, adszorpciójának jelzésére, talajokban. A  $Rb^{86}$  egyúttal maghasadási termék is, ezért jelentősek azok a vizsgálatok, amelyek a szántóföldi növények rubídium felvételével és akkumulációjával foglalkoztak.

A kálium fixációjának és kimosódásának vizsgálatára QUIEN és munkatársai végeztek kísérleteket [11]. Laboratóriumi körülmények között talajoszlopokban tanulmányozták a kálium és a rubídium megkötődését és kimosódását. A rubídium nagyobb mértékben fixálódott, mint a kálium az oszlop felső részén, és vízzel átmosva a talajoszlopokat, a csurgalék vizekben több káliumot találtak, mint rubídiumot. QUIEN ezért nem tartja megfelelőnek a  $Rb^{86}$  izotópot a kálium jelölésére. MURPHY [10] ugyanakkor 11 hét alatt csak kis mértékű  $Rb$  fixációt talált.

Talaj-növény rendszerben egyes szerzők szerint, mint BURR [1, 2], MENZEL [9] a  $Rb^{86}$ -tal eredményesen lehet helyettesíteni a  $K^{42}$  izotópot, míg más szerzők, FRIED és munkatársai, [4, 8] MURPHY [10] szerint a növény  $Rb$  felvétele a káliumtól eltérően megy végbe. WALKER [13] vizsgálatai alapján a  $Rb^{86}$  megfelelő

kálium-izotópnak látszik, ha a növények relatív Rb felvételét hasonlítjuk össze a relatív K felvétellel, a káliumot azonban a növények kb. tízszeres mennyiségben vették fel.

### A kálium és rubídium hasonlósága

A kálium a rubídiummal és a céziummal a periódusos rendszer alkálifémek csoportján belül bizonyos mértékig elkülönül a nátriumtól és a lítiumtól. Ezt az elkülönülést és ugyanakkor a kálium-rubídium hasonlóságát jól bizonyítják az 1. táblázat adatai. Ezek közül különösen fontosak a relatív mozgékonyaság értékei, amelyek egyszerű transzport jelenségeknél megalapozhatják a Rb<sup>86</sup> felhasználását a kálium jelzésére. A különböző hőmérsékleten mért relatív mozgékonyaság a káliumnál és a rubídiummal jól egyezik, ugyanígy közel azonos a hőmérsékleti koeficiens is. Az ion- és atomsugarak egyezése ugyan meggyőző, de a Rb<sup>+</sup> nagyobb ionátmérője és egyúttal az elemek liotróp sorában elfoglalt helye arra enged következtetni, hogy a talajban a káliumnál nagyobb mértékben adszorbeálódhat. Erre mutatnak különben Quen kísérletei is. Az elemek rokonságán kívül természetszerűleg hasonló közelség található a vegyületeknél is. Akár a kálium és rubídium klorid rácsenergiáit, akár a különböző halogenidek oldhatóságát hasonlítjuk össze, a kálium-rubídium hasonlóság szembetűnő.

#### 1. táblázat

A kálium és rubídium hasonlósága [3, 14]

(1)	(2)	(3)	(4)	(5) Relatív mozgékonyaság végtelen híg oldatokban ohm <sup>-1</sup> cm <sup>2</sup>				(8) Vegyület	(9) Rács- energia Kkal/ mol	(10) Ionsugár viszony r <sup>+</sup> /r <sup>-</sup>	(11) Kálium és rubídium halogenidek oldhatósága		
Elem	Atom- sugár Å	Ionsugár Å	Ionizá- ciós energia e. V.	(6) Hőmérséklet, C°		(7) Hőmér- sékleti koeffi- ciens, %	Anion				(11) Kation, mol/l 18° C		
				0	18						25	K	Rb
Li	1,6	0,60	5,36	49,1	33,4	38,7	2,65	NaCl	184	0,53	F	15,9	12,5
Na	1,7	0,95	5,11	25,8	43,5	50,1	2,44	KCl	168	0,74	Cl	4,5	7,2
K	2,1	1,33	4,32	40,3	64,6	73,5	2,17	RbCl	162	0,83	Br	5,4	6,5
Rb	2,3	1,48	4,16	43,5	66,3	76,4	2,14				J	8,6	7,2
Cs	2,5	1,69	3,87	44,0	68,0	79,0	2,12						

### Kísérleti rész

Karbonátos homoktalajon vizsgáltuk a Rb<sup>86</sup>-tal jelzett kálisó (KCl) műtrágya kimosódását, megkötődését. Előző kísérleteinkben megállapítottuk, hogy a kálium évi 500—550 mm csapadék mellett gyakorlatilag nem mosódik ki, ugyanakkor jelentős mértékben lekötődik [5, 7].

Kísérletünket természetes körülmények között állítottuk be 1 m<sup>2</sup>-es mikroparcellán, az őrszentmiklósi kísérleti telepen. A talajt a következő adatokkal jellemezhetjük: gyengén humuszos karbonátos homok, a felső 0—30 cm-es rétegben gyengén meszes, 1—2% CaCO<sub>3</sub> tartalommal, 30 cm-től kezdve erősen meszes (20—25% CaCO<sub>3</sub>) altalajjal. A humuszos szint vastagsága 40—45 cm, humusztartalom a 0—30 cm-es rétegben 0,94%, kémhatása gyengén lúgos

( $pH_{viz}$  7,40;  $pH_{KCl}$  7,10). Agyagfrakció tartalma 6,80%, adszorpciós kapacitás  $T$  érték = 9,1. Tápanyagban szegény, felvehető nitrogén 0,4 mg, összes nitrogén (Tyurin szerint) 37,3 mg, felvehető foszfor (Macsigin szerint) 3,4 mg, összes foszfor 74,0 mg/100 g talaj. Kálium frakciói: kicserélhető (1%-os  $NH_4Cl$ -ban oldható) 7,2 mg, savoldható (2 HCl-ban oldható) 27,9 mg, és az összes kálium 220 mg/100 g talaj. A tápanyag ellátottságot jellemző adatok a 0–30 cm-es rétegre vonatkoznak. Megvizsgáltuk 10 cm-ként is a tápanyagtartalom eloszlását, de ezek az adatok csak kevéssel térnek el egymástól, ami a meghatározások hibáján belül esett. Így tápanyag eloszlás szempontjából is a 0–30 cm-es réteg egységesen jellemezhető.

A káliumkloridos kezelés 200 g KCl/1 m<sup>2</sup> volt, ez megfelel kb. 20 q/ha kálisó adagnak. Korábbi kísérleteinkben tapasztaltuk, hogy csak hasonló nagy mennyiségű kálium mutatható ki biztosan kémiai módszerekkel. A jelzett műtrágyát 20 mC  $Rb^{86}$ /200 g KCl fajlagos aktivitással készítettük el: a káliumkloridból közel telített oldatot állítottunk elő és hozzáöntöttük a  $Rb^{86}$  Cl 50 ml vízzel készült oldatát. A  $Rb^{86}$  preparátum kék színű RbCl kristályok alakjában állt rendelkezésünkre, 92,20%-os alapanyag tartalommal. Radioaktív szennyezése  $S^{35}$  150%, fajlagos aktivitása 420 mC/g. Az aktív káliumklorid kihelyezése előtt a talajt 25–30 cm mélyen meglazítottuk, hogy ezzel is elősegítsük a K– $Rb^{86}$  talajba vándorlását és megközelítsük a műtrágyák alkalmazásának gyakorlati körülményeit. A  $Rb^{86}$ -tal jelzett káliumműtrágyát tartalmazó oldattal a parcella 0–2 cm-es rétegének egy részét a természetes vízkapacitást megközelítő nedvesítésig átitattuk, egyenletesen kiterítettük a parcella felületén, és a 0–2 cm-es réteg másik részével befedtük. A kísérletet 1961. május 20-án állítottuk be és szeptember végéig vezettük. Mintavételre szeptember 30-án került sor, a kísérleti időszak 130 napig tartott.

A kísérlet tartama alatt összesen 234 mm csapadék volt. A csapadék mennyisége ugyan a sokévi átlagot kevéssel múlta fel, de a csapadék eloszlása kedvezőtlen volt. Május végén, közvetlenül az aktív műtrágya kihelyezése után 120 mm. csapadék esett, a zöme (kb. 100 mm.) két ízben závorszerűen (kb. 50 mm/óra intenzitással). Ugyanakkor augusztus és szeptember hónapokban összesen csak 7,4 mm csapadék esett. A terület fekvése sík, így elfolyást csak igen kis mértékben tapasztaltunk.

Mintavételnél a parcellát szélétől számított 30 cm-re két oldalon szelvénytűszerűen kiástuk. Mindkét oldalából (I. és II.) vízszintes befúrásokkal 2, 3, és 5 cm-ként 2–2 párhuzamos mintát vettünk. A mintavételi technika megegyezett a korábbi  $P^{32}$  izotóppal végzett kísérletünknel leírt módszerrel [6].

A légszáraz állapotra hozott mintákból a kicserélhető, savoldható és az összes kálium, illetve rubídium frakciókat elkülönítettük. A kicserélhető frakciót 1%-os ammóniumklorid oldattal, a savoldható frakciót pedig 2 n HCl-al, 1 : 4 talaj-oldószer arány mellett vontuk ki.

Megállapítottuk a  $Rb^{86}$ -tal jelölt kálium műtrágya talajbamosódásának mértékét (2. táblázat). Mindkét mintavételnél a  $Rb^{86}$ -K zöme, 56–66%-a a kihelyezés rétegében maradt, 28–30%-a jutott le a 2–5 cm-es rétegre, az 5–10 cm-es rétegben már csak 3–11%-a található. A I. sorozatnál a 10–15 cm-es rétegtől kezdve már nem találtunk aktivitást, a II. sorozatban a 10–15 cm-es rétegben még a  $Rb^{86}$ -K mintegy 5%-nyi mennyiségben volt kimutatható, a 15–20 cm-es rétegtől kezdve már itt sem találtunk mérhető aktivitást. Az aktivitást GM-csőves számláló berendezéssel mértük. A 2. táblázat 0%-os adatait

a rétegekben talált aktivitás értékek összegéhez viszonyítva számoltuk. A kálium mélybehatolása követte a rubídium eloszlást, ahol nem találtunk aktivitást, ott a kálium értékek is az eredeti szintre csökkentek le.

2. táblázat

Az Rb<sup>86</sup>-tal jelzett kálium eloszlása a talaj mélységében

Rb <sup>86</sup> –K frakciók		0–2	2–5	10–5	10–15	15–20
		cm				
A) Aktivitás cpm/100 g talaj	a) Kicsérélhető I.	744	576	38	—	—
	II.	480	384	184	48	—
	b) Savoldható I.	1052	672	60	—	—
	II.	590	564	360	116	—
	c) Összes I.	4480	2080	230	—	—
	II.	4050	2020	800	380	—
Rb <sup>86</sup> ‰	a) Kicsérélhető I.	54,7	42,2	3,1	—	—
	II.	43,8	35,0	16,8	4,4	—
	b) Savoldható I.	59,0	37,6	3,4	—	—
	II.	36,2	34,6	22,1	4,4	—
	c) Összes I.	66,0	30,7	3,3	—	—
	II.	56,0	27,9	11,0	5,4	—
B) Kálium, mg K <sub>2</sub> O/100 g talaj	a) Kicsérélhető I.	88,4	88,6	10,8	—	—
	II.	50,0	80,0	55,6	12,0	—
Kálium ‰	a) Kicsérélhető I.	47,1	47,2	5,7	—	—
	II.	25,3	40,5	28,1	6,1	—

A 3. táblázat a rubídium és a kálium eloszlását mutatja be a különböző oldhatóságú frakciók között. A kismértékű migráció oka a homoktalajoknál szokatlanul nagy megkötődés, fixáció. Mind a rubídium, mind pedig a kálium 70–80%-ban olyan mértékben vált oldhatatlanná, hogy még 2 n HCl-valsem volt kivonható és csak az összes kálium, illetve rubídium frakcióban találtuk meg. Ez a megállapítás elsősorban a 0–2 cm-es rétegre igaz, az alsóbb szintekben, ahová kevesebb rubídium és kálium jutott le, valamivel kedvezőbb a felvehető és savoldható frakciók aránya.

A Rb<sup>86</sup> és a kálium relatív eloszlása közel azonos képet mutat, bár a 0–2 cm-es rétegben valamivel nagyobb mértékben adszorbeálódott a rubídium, mint a kálium, mintegy 5–6%-kal kevesebbet találtunk a kicsérélhető és savoldható frakciókban. A 2–5 cm-es rétegben viszont kb. ugyanannyival több rubídium maradt oldható formában. Bár a két elem relatív eloszlása az összes frakción belül közelítőleg megegyezik, abszolút értékekben már nagyobb eltérések mutatkoznak. Ezt jelzik a fajlagos aktivitási értékek is. Még a kicsérélhető és savoldható frakciók fajlagos aktivitásai egy-egy rétegen belül jól, a rétegek között

hozzávetőlegesen megegyeznek, addig az összes kálium-rubídium frakciók esetében jelentős különbség található. Ha a két párhuzamos mintavétel (I- és II.) fajlagos aktivitás adatait hasonlítjuk össze, az egyezés itt is megállapítható.

3. táblázat

A felszíni rétegek kálium és Rb<sup>86</sup> tartalmának megoszlása a különböző frakciókban

(1) Réteg cm	Frakció	Rb <sup>86</sup> cpm/100 g talaj	Rb <sup>86</sup> %	Kálium K <sub>2</sub> O mg/100 g talaj	Kálium %	(2) Fajlagos aktivitás 100 (cpm/mgK <sub>2</sub> O)
0—2	I. a) Kicsérélhető	744	16,7	95,6	22,7	778
	b) Savoldható	1052	23,5	125,0	29,6	841
	c) Összes	4480	100	422	100	1061
	II. a) Kicsérélhető	480	12,0	57,2	15,7	839
	b) Savoldható	670	14,7	79,4	21,8	844
	c) Összes	4050	100	365	100	1098
2—5	I. a) Kicsérélhető	576	27,7	95,8	23,1	602
	b) Savoldható	672	32,3	110,8	26,8	606
	c) Összes	2080	100	414	100	480
	II. a) Kicsérélhető	384	19,0	87,2	20,1	440
	b) Savoldható	564	27,9	108,8	25,1	518
	c) Összes	2020	100	433	100	467

### Következtetések

A Rb<sup>86</sup> izotóp eloszlása a talajszelekvényben megegyezett a káliummal, ugyanolyan mélységig jutott le mindkét elem. Így a kálium migrációjának indikálására alkalmas, ha megelégszünk kisebb pontosságú adatokkal és csak kvalitatív képet akarunk nyerni a kálium lehatolási mélységéről. A rubídium és a kálium hasonlósága, elsősorban a közel egyező relatív mozgékonyaság eredményezi a talajban a jó közelítéssel azonos migrációt, lehatolási mélységet. A hasonlóság ellenére adszorpciós tulajdonságokban eltérés mutatkozik a rubídium és a kálium között. A rubídium nagyobb mértékben adszorbeálódik, mint a kálium a kihelyezés rétegében, amint az várható is volt az elméleti megfontolásokból és QUIEN közleményéből [11]. Az alsóbb szintekben ugyanakkor relatív értékekben kifejezve több káliumot találtunk, mint rubídiumot. Ez lehet mintavételi pontatlanság is, vagy az aktív műtrágya kihelyezésének egyenetlensége. Mindenesetre a talajok Rb—K dinamikájának közelebbi megismerése még további vizsgálatokat igényel.

Kétségtől megállapítható, hogy a kálium műtrágya (kálisó; KCl) meszes homoktalajon nagymértékben fixálódik és majd teljes egészében a kihelyezés rétegében marad. A kálium még a lazítás mélységéig (25—30 cm) sem mosódott le, holott a kísérleti időszak alatt elegendő csapadék esett, bár eloszlása egyenetlen volt. A két ízben závorszerűen rövid idő alatt leesett nagy mennyiségű csapadék jelentős mérvű kimosódást idézhetett volna elő. Ez nem következett be, részben mert feltételezhetően a megkötődést előidéző folyamatok gyorsan végbe mentek, másrészt a záporok hatására a talaj erősen tömődötté vált.

A kis agyagtartalmú homoktalajnál ezt a nagymértékű fixációt nehéz megnyugtatóan megmagyarázni. A legvalószínűbb a homoktalajban található kálium ásványokba (csillámok, különböző kálium-szilikátok stb.) való beépülés. A kálium megkötődés részletes tanulmányozása a továbbiakban ásványtani vizsgálatokat is feltételez.

### Összefoglalás

Tanulmányoztuk természetes körülmények között a  $\text{Rb}^{86}$  izotóp felhasználási lehetőségeit a kálium nyomjelzésére. Kísérletünkben, amelyet karbonátos gyengén humuszos homoktalajon hajtottunk végre, a leggyakrabban használatos kálium műtrágya a kálisó ( $\text{KCl}$ ) jelzésére használtuk fel a  $\text{Rb}^{86}$  izotópot. Megállapítottuk, hogy a  $\text{Rb}^{86}$  izotóp bemosódása a talajba a kálium bemosódásával azonos mélységig terjedt és nem haladta meg a 10, illetve a 15 cm-t. A talaj felszínére kihelyezett kálium 50–60%-ban a legfelső 0–2 cm-es rétegben maradt, és gyakorlatilag teljes egészében a 0–10 cm-es rétegben. A kismértékű migráció okának a kálium fixációját állapítottuk meg. A vízdoldható formában talajba vitt kálium 70–80%-ban oldhatatlanná vált. A  $\text{Rb}^{86}$  izotóp a kálium eloszlását a kicserélhető ( $\text{NH}_4\text{Cl}$ ), a savoldható ( $2\text{ n HCl}$ ) és az összes frakciókban relatív eloszlásban követte. A rubídium nagyobb mértékben adszorbeálódott a káliumnál, amely bár az eloszlás összképét nem zavarta, de a  $\text{Rb}^{86}$  alkalmazásánál, pontos mennyiségi összefüggések megállapításánál, figyelembe kell venni.

*Érkezett : 1963. október 18.*

### Irodalom

- [1] BURR, G. O. & TANIMOTO, T.: Absorption and distribution of nutrients in sugar cane. II. Potassium. *Hawai. Plant. Rec.* **55**. 11–13. 1955.
- [2] BURR, G. O. ET AL.: Primenenie radioizotopov na szaharnüh plantacijah gavajszkih osztrov. Dokl. in. ucs. na mezs. konf. po mörn. iszpolz. atom. en. Genf. 1955. Primenenie iz. v promüsl. med. i szelszk. hoz. 677–694. Izd. Ak. Nauk. SSSR. Moszkva. 1956.
- [3] ERDEY-GRÚZ, T. & SCHAY, G.: Elméleti fizikai kémia. I–II. Tankkv. Kiadó. Budapest. 1952–1954.
- [4] FRIED, M., HAWKES, G. & MACKIE, W. Z.: Rubidium-potassium relations in the soil-plants system. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.* **23**. 360–362. 1959.
- [5] KOZÁK, M.: Tápanyagmozgás tanulmányozása meszes homoktalajon. MTA. Agrártud. Oszt. Közlem. **19**. 299–314. 1961.
- [6] KOZÁK, M.:  $\text{P}^{32}$ -vel jelzett szuperfoszfát műtrágya talajbahatolásának vizsgálata meszes homoktalajon. *Agrokémia és Talajtan.* **10**. 217–222. 1961.
- [7] KOZÁK, M.: Versuche über die Einwaschung von Nährstoffen auf Sandboden. *Tagungsberichte* Nr 44. 189–195. Deutsche Akad. der Landw. Berlin. 1962.
- [8] MACKIE, W. Z. & FRIED, M.: Relative distribution of potassium and rubidium-86 within corn plants grown in the field. *Soil Sci.* **80**. 309–312. 1955.
- [9] MENZEL, R. G. & HEALD, W. R.: Distribution of potassium, rubidium, cesium, calcium and strontium within plants grown in nutrient solutions. *Soil Sci.* **80**. 287–293. 1955.
- [10] MURPHY, W. S., HUNTER, A. H. & PRATT, P. F.: Absorption of rubidium by plants from solution and soils. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.* **19**. 433–435. 1955.
- [11] QUIEN, A., SEMB, G. & STEENBERG, K.: Comparison of leaching and fixation of potassium and rubidium in soils using the isotopes  $\text{K}^{42}$  and  $\text{Rb}^{86}$ . *Soil Sci.* **88**. 284–287. 1959.
- [12] SEABORG, G. T. & PERLMAN, I.: Table of isotopes. *Reviews of Modern Physics.* **20**. 585–667. 1948.
- [13] WALKER, J. M.: Absorption of potassium and rubidium from the soil by corn roots. *Plant and Soil.* **17**. 243–259. 1962.
- [14] WOLF, L. K.: Theoretische Chemie. J. Ambrosius Barth. Leipzig. 1954.



## Применение изотопа $Rb^{86}$ в изучении круговорота калия в почвах

### I. Миграция и превращение калийной соли, меченной $Rb-86$ в карбонатных песчаных почвах

М. КОЗАК

Научно-исследовательский институт почвоведения и агрохимии А. Н. Венгрии, Будапешт

#### Резюме

Возможности применения изотопа  $Rb^{86}$  для радиоактивного мечения калия изучались в природных условиях. Сходство между калием и рубидием дает возможность применять  $Rb^{86}$  для замещения изотопа  $K^{42}$ . В ходе опытов, проведенных на карбонатных слабо гумусированных песчаных почвах, рубидий ( $Rb^{86}$ ) применялся для индикации наиболее распространенного в практике калийного удобрения, т. е. для калийной соли (KCl). Ставились две задачи: с одной стороны, хотели получить данные о возможности применения  $Rb^{86}$ , с другой стороны, установить глубину вымывания калия в почву и степень фиксации калия. Опыт проводили на микроделянках в  $1\text{ м}^2$ , удельная активность калийной соли была  $20\text{ мС } Rb^{86}/200\text{ гр. KCl}$ . Установили, что вымывание  $Rb^{86}$  в почву доходит до глубины вымывания калия и не превышает  $10-15\text{ см}$ , хотя за время опыта (от мая до сентября, всего 130 дней) выпало  $234\text{ мм}$  осадков, что превышало многолетние данные. Примерно  $50-60\%$  калия, меченного  $Rb^{86}$ , вносимого на поверхность почвы, осталось в самом верхнем  $0-2\text{ см}$  слое, и практически все количество калия осталось в слое  $0-10\text{ см}$ . Небольшая подвижность калия объясняется сильным связыванием его. Воднорастворимая форма калия, вносимого в почву на  $70-80\%$  перешла в нерастворимую форму. Распределение изотопа рубидия было подобно распределению калия в различных фракциях, т. е. в обменной фракции (вытяжка  $1\%$  раствором  $NH_4Cl$ ), кислотно растворимой фракции (2 н раствор  $HCl$ ) и в суммарной фракции. Адсорбция и фиксация рубидия была больше, чем калия, но это не мешало общему представлению о распределении его по фракциям. При применении изотопа рубидия, особенно для получения точных количественных соотношений, необходимо учитывать эту особенность.

Табл. 1. Сходства между калием и рубидием. (1) Элемент. (2) Атомный радиус. (3) Ионный радиус. (4) Энергия ионизации. (5) Относительная подвижность в бесконечно разбавленных растворах. (6) Температура. (7) Температурный коэффициент. (8) Соединения. (9) Энергия кристаллической решетки. (10) Отношение ионного радиуса в соединениях. (11) Сходства галогенных соединений K и Rb.

Табл. 2. Распределение калия, меченного  $Rb^{86}$  по глубине почвенного профиля. а) обменная фракция. в) кислотно растворимая фракция. с) суммарная фракция. А) Активность в имп/мин/100 гр почвы. В) Калий в мг  $K_2O/100\text{ гр. почвы}$ .

Табл. 3. Распределение различных фракций калия и рубидия, в верхних слоях почвы. (1) Слой почвы (2) Удельная активность 100 [имп. мин./мг.  $K_2O$ ]. а) обменная фракция. б) кислотно растворимая фракция. с) суммарная фракция.

## Utilization of $Rb^{86}$ Isotope in Investigating Potassium Exchange of Soils

### I. Migration and Transformation of $Rb^{86}$ Isotope Labelled Potassium Salt in Sandy Soils of Carbonate Contents

М. КОЗАК

Research Institute of Soil Science and Agricultural Chemistry of the Hungarian Academy of Sciences, Budapest

#### Summary

The possibility to utilize  $Rb^{86}$  isotope for the labelling of potassium was studied under natural conditions. In principle the potassium-rubidium similarity makes it possible to use  $Rb^{86}$  to replace the  $K^{42}$  isotope. In this experiment which was carried out in a moderately humic sandy soil of carbonate contents  $Rb^{86}$  isotope was used to indicate potassium salt (KCl) the potassium fertilizer most widespread in practice. We pursued a double purpose: partly to obtain data for

the applicability of  $\text{Rb}^{86}$  and partly to establish the depth to which potassium is washed in into the soil, i.e. the extent of fixation. The test was carried out on a 1 sq. m. microplot, with potassium salt of 20 mC  $\text{Rb}^{86}/200$  g KCl specific activity. We succeeded in demonstrating that the washing in of  $\text{Rb}^{86}$  isotope into the soil extended to the same depth as that of the washing in of potassium and did not exceed 15 to 20 cm, although during the 130 day experimental period (May to September) precipitation amounted to 234 mm, somewhat more than the average of many years.  $\text{Rb}^{86}$ -potassium placed on the soil surface remained to 50–60 per cent in the upper 0 to 2 cm horizon and practically in its totality in the 0 to 10 cm horizon. It was found that the slight extent of migration is due to potassium fixation. 70 to 80 per cent of potassium introduced into the soil in a water soluble form became insoluble. The  $\text{Rb}^{86}$  isotope followed the distribution of potassium in the exchangeable (1 per cent ammonium chloride) acid soluble (2N HCl) and total fractions in a relative distribution. Rubidium was adsorbed and fixed to a larger extent than potassium. This did not disturb though the total aspect of distribution, but must be taken into account in using  $\text{Rb}^{86}$  for the establishment of exact quantitative relationships.

*Table 1.* Similarity of potassium and rubidium. (1) Element. (2) Atomic ray. (3) Ionic ray. (4) Ionization energy. (5) Relative mobility in infinitely diluted solutions. (6) Temperature. (7) Temperature coefficient. (8) Compound. (9) Grid energy. (10) Ionic ray relation in the compounds. (11). Solubility of potassium and rubidium halogenides.

*Table 2.* Distribution of  $\text{Rb}^{86}$ -labelled potassium in the soil depth. A) Activity cpm/100 g of soil. B) Potassium mg  $\text{K}_2\text{O}/100$  g soil a) exchangeable, b) acid soluble, c) total.

*Table 3.* Distribution of potassium and  $\text{Rb}^{86}$  contents of surface layers in the different fractions. (1) Soil horizon, cm. (2) Specific activity 100/cpm/mg  $\text{K}_2\text{O}$ . a) exchangeable, b) acid soluble, c) total.